

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
17 juillet 2003 (17.07.2003)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 03/057398 A1

(51) Classification internationale des brevets⁷ : B23K 26/12

ET L'EXPLOITATION DES PROCÉDÉS GEORGES
CLAUDE [FR/FR]; 75 quai d'Orsay, FR-75321 Paris
Cedex 07 (FR).

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/FR02/04175

(22) Date de dépôt international :

4 décembre 2002 (04.12.2002)

(25) Langue de dépôt :

français

(26) Langue de publication :

français

(30) Données relatives à la priorité :

0200326 11 janvier 2002 (11.01.2002) FR

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : BRIAND,
François [FR/FR]; 62 rue St Lazare, 75009 Paris (FR).
CHOUF, Karim [FR/FR]; 5 rue Lucien Guillo, 93800
Epinay s/Seine (FR). LEFEBVRE, Philippe [FR/FR]; 7
rue Waldeck Rousseau, 95310 Saint Ouen l'Aumône (FR).

(74) Mandataire : PITTIS, Olivier; L'Air Liquide, S.A., 75
quai d'Orsay, 75321 Paris Cedex 07 (FR).

(81) États désignés (national) : BR, CA, CN, JP, US.

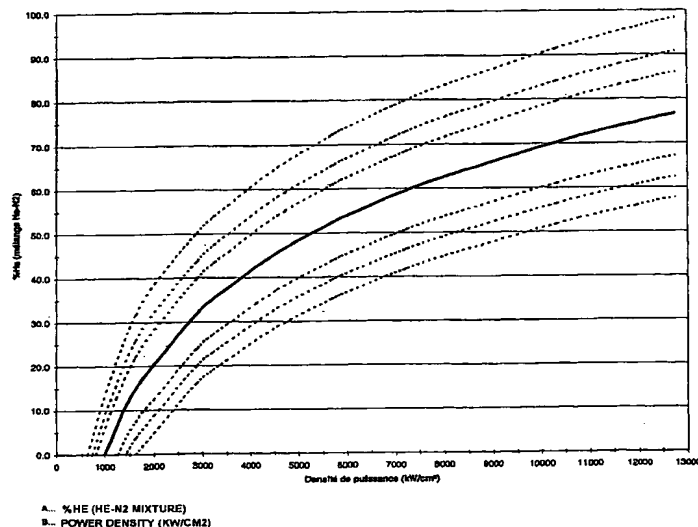
(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : L'AIR
LIQUIDE, SOCIÉTÉ ANONYME À DIRECTOIRE
ET CONSEIL DE SURVEILLANCE POUR L'ETUDE

(84) États désignés (régional) : brevet européen (AT, BE, BG,
CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU,
MC, NL, PT, SE, SI, SK, TR).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: METHOD AND INSTALLATION FOR LASER WELDING WITH A N₂/HE GAS MIXTURE, THE
N₂/HE CONTENT BEING CONTROLLED ACCORDING TO THE LASER POWER

(54) Titre : PROCÉDE ET INSTALLATION DE SOUDAGE LASER AVEC MELANGE GAZEUX N₂/He A TENEURS
CONTROLEES EN FONCTION DE LA PUISSANCE LASER



(57) Abstract: The invention relates to a laser welding method and installation that make use of a protective gas mixture containing nitrogen and helium. According to the invention, the proportion of nitrogen and/or helium in said gas mixture is chosen or adjusted according to the power or the power density of the laser beam. The laser power is included between 0.5 kW and 30 kW and, preferably, between 5 kW and 20 kW. The protective gas mixture comprises nitrogen and/or helium and, preferably, the gas mixture contains a volume proportion of helium of between 30 % and 80 %, the remainder being nitrogen and, possibly, inevitable impurities.

[Suite sur la page suivante]

501,269



WO 03/057398 A1

**Publiée :**

— avec rapport de recherche internationale

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

(57) Abrégé : Procédé et installation de soudage par faisceau laser mettant en oeuvre un mélange gazeux de protection contenant de l'azote et de l'hélium, dans lequel la proportion d'azote et/ou d'hélium dans ledit mélange gazeux est choisie ou ajustée en fonction de la puissance ou de la densité de puissance dudit faisceau laser. La puissance laser est comprise entre 0.5 kW et 30 kW, de préférence entre 5kW et 20 kW. Le mélange gazeux de protection est constitué d'azote et/ou d'hélium, de préférence le mélange gazeux contient une proportion volumique d'hélium de 30% à 80%, le reste étant de l'azote, et éventuellement des impuretés inévitables.

Procédé et installation de soudage laser avec mélange gazeux N₂/He
à teneurs contrôlées en fonction de la puissance laser.

5 La présente invention concerne un procédé de soudage par faisceau laser utilisant un mélange gazeux d'azote et d'hélium en proportions ajustées ou adaptées en fonction de la puissance ou de la densité de puissance du dispositif laser utilisé.

10 Dans l'industrie, il est connu d'utiliser un faisceau laser pour couper ou souder une ou des pièces métalliques. A ce titre, on peut citer les documents suivants : DE-A-2713904, DE-A-4034745, JP-A-01048692, JP-A-56122690, WO 97/34730, JP-A-01005692, DE-A-4123716, JP-A-02030389, US-A-4,871,897, JP-A-230389, JP-A-62104693, JP-A-15692, JP-A-15693, JP-A-15694, JP-A-220681, JP-A-220682, JP-A-220683, WO-A-88/01553, WO-A-15 98/14302 DE-A-3619513 et DE-A-3934920.

 Le soudage par laser est un procédé de soudage très performant car il permet d'obtenir, à des vitesses élevées, des profondeurs de pénétration très importantes si on les compare à d'autres procédés plus traditionnels, tel le soudage plasma, le soudage MIG (Metal Inert Gas) ou le soudage TIG (Tungsten Inert Gas).
20

 Ceci s'explique par les fortes densités de puissances mises en jeu lors de la focalisation, par un ou plusieurs miroirs ou lentilles, du faisceau laser au niveau du plan de jonction des pièces à souder, par exemple des densités de puissance pouvant dépasser 10^6 W/cm².

25 Ces fortes densités de puissance provoquent une forte vaporisation à la surface des pièces qui, en se détendant vers l'extérieur, induit un creusement progressif du bain de soudage et conduit à la formation d'un capillaire de vapeur étroit et profond, appelé "*keyhole*" en anglais (= "trou de serrure") dans l'épaisseur des tôles, c'est-à-dire au niveau du plan de joint.

Ce capillaire permet un dépôt direct de l'énergie du faisceau laser en profondeur dans la tôle et ce, par opposition avec les procédés de soudage plus conventionnels où le dépôt d'énergie est localisé à la surface.

5 Ce capillaire est constitué d'un mélange de vapeurs métalliques et de plasma de vapeurs métalliques dont la particularité est d'absorber le faisceau laser et donc de piéger l'énergie au sein du capillaire même.

Une des problématiques du soudage laser est la formation d'un plasma de gaz de couverture.

10 En effet, ce plasma de vapeurs métalliques, en ensemençant en électrons libres le gaz de couverture ou gaz de protection, peut déclencher l'apparition d'un plasma de gaz de couverture qui est préjudiciable à l'opération de soudage.

15 Le faisceau laser incident peut alors être fortement, voire totalement, absorbé et donc conduire à une réduction importante de la profondeur de pénétration, voire à une perte de couplage entre le faisceau et la matière et donc à une interruption momentanée du processus de soudage.

Le seuil de densité de puissance à partir duquel le plasma apparaît dépend du potentiel d'ionisation du gaz de couverture utilisé et est inversement proportionnel au carré de la longueur d'onde du faisceau laser.

20 Ainsi, il est très difficile de souder sous argon pur avec un laser de type CO₂, tandis que cette opération peut être réalisée avec beaucoup moins de problème avec un laser de type YAG.

25 En général, en soudage laser CO₂, on utilise comme gaz de couverture de l'hélium qui est un gaz à haut potentiel d'ionisation et qui permet de se prémunir de l'apparition du plasma de gaz de couverture et ce, quelle que soit la puissance du faisceau laser mis en oeuvre.

30 L'hélium a cependant l'inconvénient d'être un gaz onéreux et de nombreux utilisateurs de laser préféreraient utiliser d'autres gaz ou mélanges gazeux moins onéreux que l'hélium mais qui permettraient néanmoins de limiter l'apparition du plasma de gaz de couverture et donc d'obtenir des

résultats de soudage similaires à ceux obtenus avec l'hélium mais à un coût moindre.

Ainsi, il existe au plan commercial des mélanges gazeux contenant de l'argon et de l'hélium, par exemple le mélange gazeux contenant 30 % en volume d'hélium et le reste étant de l'argon, commercialisé sous l'appellation LASAL™ 2045 par la société L'AIR LIQUIDE™, lesquels permettent d'obtenir sensiblement les mêmes résultats que l'hélium, pour des puissances laser CO₂ inférieures à 5kW et pourvu que les densités de puissance engendrées ne soient pas trop importantes, c'est-à-dire environ supérieures à 2000 kW/cm².

Or, le problème qui se pose avec ce type de mélange Ar/He est que pour des densités de puissance laser plus importantes, il n'est plus adapté car le seuil de création du plasma de gaz de protection est alors dépassé.

Le but de la présente invention est alors de résoudre ce problème en proposant un procédé de soudage par laser amélioré pouvant mettre en œuvre des laser de puissance dépassant les 15 à 20 kW et ce, sans ou en minimisant la formation d'un plasma dans le gaz de protection, quelle que soit la puissance ou la densité de puissance choisie.

La solution de l'invention est alors un procédé de soudage par faisceau laser mettant en œuvre un mélange gazeux de protection contenant de l'azote et de l'hélium, dans lequel la proportion d'azote et/ou d'hélium dans ledit mélange gazeux est choisie ou ajustée en fonction de la puissance ou de la densité de puissance dudit faisceau laser.

Selon le cas, le procédé de l'invention peut comprendre l'une ou plusieurs des caractéristiques techniques suivantes :

- la puissance laser est comprise entre 0.5 kW et 30 kW, de préférence entre 5kW et 20 kW.

- le mélange gazeux de protection est constitué d'azote et/ou d'hélium, de préférence le mélange gazeux contient une proportion volumique

d'hélium de 30% à 80%, le reste étant de l'azote, et éventuellement des impuretés inévitables.

- le mélange gazeux est réalisé sur site en mélangeant des quantités déterminées d'azote et d'hélium.

5 - le mélange gazeux est réalisé au moyen d'un système mélangeur de gaz asservi à la puissance laser ou à la densité de puissance mise en œuvre de manière à mélanger des quantités contrôlées d'azote et d'hélium.

- on augmente la proportion d'hélium dans le mélange gazeux lorsque la puissance laser ou la densité de puissance augmente.

10 Selon un autre aspect, l'invention porte aussi sur un procédé de soudage par faisceau laser mettant en œuvre un mélange gazeux de protection contenant de l'hélium et de l'azote, dans lequel la proportion d'hélium par rapport à la proportion d'azote dans ledit mélange gazeux est choisie ou ajustée en fonction de la puissance ou de la densité de puissance
15 dudit faisceau laser de manière à éviter ou minimiser la formation de plasma dans le gaz de protection durant le soudage.

 Selon un autre aspect, l'invention porte aussi sur un procédé de soudage par faisceau laser mettant en œuvre un mélange gazeux de protection contenant de l'hélium et de l'azote, dans lequel la proportion
20 volumique d'hélium dans ledit mélange gazeux est comprise :

- entre 1 et 30 % pour une puissance de faisceau laser comprise entre 0.5 kW et 4 kW,

- entre 30 et 50 % pour une puissance de faisceau laser comprise entre 4 kW et 8 kW , et/ou

25 - entre 50 et 70 % pour une puissance de faisceau laser comprise entre 8 kW et 12 kW.

 Par ailleurs, l'invention concerne aussi un procédé de soudage par faisceau laser mettant en œuvre un mélange gazeux de protection contenant de l'hélium et de l'azote, dans lequel la proportion volumique d'hélium dans
30 ledit mélange gazeux est comprise :

- entre 1 et 30 % pour une densité de puissance du faisceau laser comprise entre 500 kW/cm² et 2 000 kW/cm²,

- entre 30 et 50 % pour une densité de puissance du faisceau laser comprise entre 2 000 kW/cm² et 4 000 kW/cm², et/ou

5 - entre 50 et 70 % pour une densité de puissance du faisceau laser comprise entre 4000 kW/cm² et 10 000 kW/cm².

De préférence, l'hélium et l'azote sont issus d'une source de gaz unique dans laquelle l'hélium et l'azote sont pré-mélangés en proportions désirées au moyen, par exemple, d'un mélangeur de gaz.

10 L'invention a également trait à une installation de soudage par faisceau laser avec mise en œuvre d'un mélange gazeux de protection contenant de l'azote et de l'hélium, comprenant :

- au moins une source d'azote,
- au moins une source d'hélium,

15 - des moyens de mélange de gaz pour permettre de mélanger de l'azote issu de la source d'azote avec de l'hélium issu de la source d'hélium,

- un dispositif générateur laser délivrant un faisceau laser ayant une puissance laser d'au moins 0.5 kW,

20 - des moyens de réglage coopérant avec lesdits moyens de mélange de gaz de manière à ajuster les proportions d'azote et/ou d'hélium en fonction de la puissance laser délivrée du dispositif laser.

En outre, l'invention porte aussi sur un procédé de soudage par faisceau laser mettant en œuvre un mélange gazeux de protection contenant de l'hélium et de l'azote, dans lequel la proportion volumique d'hélium (% He) dans ledit mélange gazeux en fonction de la densité de puissance est telle que :

25

$$28. \ln(\Phi_p) - 207 \leq \% \text{ He} \leq 32,3 \cdot \ln(\Phi_p) - 207$$

où :

- $\ln(\Phi_p)$ représente le logarithme népérien de la densité de puissance exprimée en kW/cm^2 , et

5 - $\% \text{ He}$: le pourcentage volumique d'hélium dans l'azote du mélange gazeux.

De préférence, la proportion volumique d'hélium ($\% \text{ He}$) dans ledit mélange gazeux en fonction de la densité de puissance est telle que :

$$28,5. \ln(\Phi_p) - 207 \leq \% \text{ He} \leq 31,5 \cdot \ln(\Phi_p) - 207$$

10 Préférentiellement encore, la proportion volumique d'hélium ($\% \text{ He}$) dans ledit mélange gazeux en fonction de la densité de puissance est telle que :

$$29. \ln(\Phi_p) - 207 \leq \% \text{ He} \leq 31 \cdot \ln(\Phi_p) - 207$$

L'invention va maintenant être mieux comprise grâce aux explications données ci-dessous en références à la figure annexée.

15 Comme expliqué ci-dessus, en soudage par faisceau laser, un problème majeur qui se pose est lié à la création d'un plasma de gaz de couverture néfaste à l'opération de soudage de par l'absorption forte, voire totale, du faisceau laser qu'il engendre, et entraîne alors une réduction notable de la profondeur de pénétration, voire à une perte de couplage entre
20 le faisceau laser et la matière à souder, donc à une interruption du processus de soudage.

Or, les inventeurs de la présente invention ont mis en évidence que le seuil d'apparition du plasma de gaz de couverture était conditionnée, pour une densité de puissance laser type CO_2 fixée, par la proportion volumique
25 d'hélium (en fonction de celle d'azote) dans le mélange gazeux d'hélium et d'azote utilisé comme gaz de protection pendant l'opération de soudage et que cette proportion d'hélium devait varier en fonction de la densité de puissance du laser.

Ainsi, sur la figure 1, on a représenté (courbe A) l'évolution du seuil
30 d'apparition du plasma en fonction de la densité de puissance (en abscisses)

et de la proportion volumique d'hélium (en ordonnées) dans le mélange formé d'azote et d'hélium, la somme des teneurs en azote et hélium constituant 100% en vol. du mélange.

5 La courbe A a été obtenue à partir de l'analyse de la profondeur de pénétration des cordons de soudure réalisées avec différentes teneurs d'hélium dans le mélange, ainsi que par examen visuel de l'apparition ou de la non-apparition du plasma de gaz de protection au cours du processus de soudage.

10 La densité de puissance a été obtenue en divisant la puissance laser sur la pièce par le diamètre de la tâche focale obtenue avec le laser considéré, préalablement mesuré grâce à un analyseur de faisceau laser.

15 Le domaine situé au dessus de la courbe A représente le domaine où, pour la densité de puissance considérée, la teneur en hélium dans l'azote permet d'effectuer un cordon de soudure sans apparition d'un plasma de gaz de protection.

Dans le domaine situé en dessous de la courbe A, il y a claquage du gaz de protection et donc présence d'un plasma de gaz de protection.

20 Pour tenir compte des incertitudes liées à la mesure du diamètre (en microns) de la tâche focale, à celle de la teneur en hélium dans le mélange d'azote et d'hélium, et à celle sur la répartition de l'énergie dans la tâche focale, trois faisceaux de courbes (B,C), (D,E) et (F,G) ont été aussi représentés en Figure 1.

Les équations de ces courbes sont du type :

$$\%He = \mu \cdot \ln(\Phi_p) - 207$$

où :

- $\ln(\Phi_p)$ représente le logarithme népérien de la densité de puissance exprimée en kW/cm^2 ,

5 - %He : le pourcentage d'hélium dans l'azote, et

- μ : une valeur qui dépend de la courbe considérée avec : $\mu=31$ pour la courbe B, $\mu=29$ pour la courbe C, $\mu=31,5$ pour la courbe D, $\mu=28,5$ pour la courbe E, $\mu = 32,3$ pour la courbe F, et $\mu = 28$ pour la courbe G.

10. Ainsi, dans la zone du plan comprise entre les courbes F et G (respectivement D et E ou B et C), on peut choisir, pour la densité de puissance considérée, le mélange N₂/He qui permet d'obtenir les mêmes performances que de l'hélium pur ou qu'un mélange N₂/He situé au dessus de la zone comprise entre les courbes F et G (respectivement D et E ou B et C).

15 A l'inverse, en dessous de cette zone, il y a toujours claquage dans le gaz de protection et donc apparition d'un plasma de gaz de protection. Le mélange gazeux déterminé à partir de ces courbes est donc le mélange optimum, c'est-à-dire celui qui contient le moins d'hélium et qui donne cependant sensiblement les mêmes résultats que de l'hélium pur ou qu'un
20 mélange avec une proportion d'hélium plus importante.

L'ensemble de ces courbes a été réalisé à une vitesse de soudage de 3 m/mn sur pièces en acier et sur acier inoxydable, avec un miroir parabolique de focale 250 mm, 200 mm ou 150 mm, et en utilisant un laser CO₂ dont le facteur de qualité était de 4.

25 Comme montré sur la Figure 1, un mélange d'hélium et d'azote contenant 50% en volume d'azote donne des profondeurs de pénétration et des vitesses de soudage sensiblement égales à de l'hélium pur pour une densité de puissance laser CO₂ de $5,3 \cdot 10^6 \text{ W/cm}^2$.

30 L'invention peut aussi être visualisée par une représentation de l'évolution du seuil d'apparition du plasma de gaz de protection en fonction

de la teneur en hélium dans l'azote, et de la puissance du laser mise en œuvre, comme schématisé en Figure 2.

Cette autre représentation, moins générale que la précédente, peut s'obtenir en partant des courbes de la Figure 1 et en utilisant les relations
5 suivantes :

$$(1) \quad \Phi_P = P / S$$

où : Φ_P est la densité de puissance, P est la puissance laser utilisée et S la surface de la tâche focale

$$(2) \quad S = \pi W_0^2$$

10 où : W_0 est le rayon de la tâche focale

$$(3) \quad W_0 W_F = M^2 (\lambda f / \pi)$$

où : W_F est le rayon du faisceau laser au niveau du miroir ou de la lentille de focalisation à la puissance considérée, M^2 est le facteur de qualité du faisceau laser qui est en général une donnée constructeur ($M^2 = 1$ pour
15 un faisceau Gaussien), λ est la longueur d'onde du faisceau laser ($10,6 \mu\text{m}$ pour un laser type CO_2) et f est la distance focale du miroir ou de la lentille de focalisation.

Ainsi, peut on passer indifféremment d'une représentation en densité de puissance (Figure 1) à une représentation en puissance (Figure 2), et
20 inversement, à l'aide des relations ci-dessus, pour évaluer à partir de la puissance ou de la densité de puissance utilisée, le mélange azote/hélium correspondant.

La figure 2 a été obtenue ici à partir des courbes de la Figure 1 et ce, pour un facteur de qualité de 4, une distance focale de 200 mm et un
25 diamètre de faisceau au niveau du miroir de focalisation de 28 mm.

Ainsi, à 6 kW, avec une focale de 200 mm, pour un laser de facteur de qualité 4 et un diamètre de faisceau au niveau du miroir de focalisation de

200mm, on peut utiliser un mélange azote/hélium contenant 50% en volume de chacun de ces composés.

La présente invention est donc basée sur le fait d'adapter ou d'ajuster le mélange gazeux N₂/He en fonction de la puissance du laser ou de la densité de puissance utilisée de manière à obtenir un soudage de qualité et à coûts réduits, sans génération de plasma de gaz de protection ou alors avec une génération de plasma aussi faible que possible.

Selon l'invention, l'ajustage des proportions des composés dans le mélange gazeux peut se faire sur la base des proportions volumiques, molaires ou massiques ; toutefois, un ajustage volumique est préféré car plus simple à mettre en œuvre.

Partant de là, la mise en œuvre de l'invention peut se faire par la réalisation d'une gamme de mélanges de gaz en bouteilles, c'est-à-dire sous forme conditionnée, avec une teneur d'hélium dans l'azote variable et adaptée en fonction de la densité de puissance ou de la puissance laser.

Par exemple, dans le tableau ci-après sont donnés trois mélanges N₂/He différents adaptés, respectivement, à trois gammes de densité de puissance laser conseillée pour mettre en œuvre l'invention.

Composition du mélange gazeux N ₂ /He (exprimée en % vol. de He)	Gammes de densités de puissance laser recommandées
N ₂ + 30% He	500 à 2000 kW/cm ²
N ₂ + 50% He	2000 à 4000 kW/cm ²
N ₂ + 70% He	4000 à 10000 kW/cm ²

20

Selon le cas, l'invention peut aussi être mise en œuvre directement sur site par un opérateur, préalablement au début du soudage, par exemple à partir de stockage d'hélium et d'azote, du mélange gazeux N₂/He le plus adapté à la densité de puissance ou à la puissance du laser utilisé et ce, suivant les spécifications de la figure ci-annexée.

25

De façon alternative, le mélange N_2/He souhaité peut aussi être obtenu par asservissement automatique d'un mélangeur de gaz en fonction de la densité de puissance ou de la puissance du laser utilisé et en utilisant la courbe de la figure ci-annexée comme courbe d'étalonnage.

- 5 Le procédé de soudage laser de l'invention est particulièrement adapté au soudage de pièces en aluminium ou en alliages d'aluminium, en acier inoxydable ou en acier doux.

- 10 Le procédé de soudage laser de l'invention peut être utilisé pour souder des pièces d'épaisseurs identiques ou différentes et comprises entre 0,1mm et 300 mm.

Revendications

1 - Procédé de soudage par faisceau laser mettant en œuvre un mélange gazeux de protection contenant de l'azote et de l'hélium, dans lequel la proportion d'azote et/ou d'hélium dans ledit mélange gazeux est choisie ou ajustée en fonction de la puissance ou de la densité de puissance dudit faisceau laser, la proportion d'hélium dans le mélange gazeux étant augmentée lorsque la puissance laser ou la densité de puissance augmente.

2 - Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la puissance laser est comprise entre 0.5 kW et 30 kW, de préférence entre 5kW et 20 kW.

3 - Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que le mélange gazeux de protection est constitué d'azote et d'hélium.

4- Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le mélange gazeux est réalisé sur site en mélangeant des quantités déterminées d'azote et d'hélium.

5 - Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que le mélange gazeux est réalisé au moyen d'un système mélangeur de gaz asservi à la puissance laser ou à la densité de puissance mise en œuvre de manière à mélanger des quantités contrôlées d'azote et d'hélium.

6 - Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que le mélange gazeux contient une proportion volumique d'hélium de 30% à 80%, le reste étant de l'azote, et éventuellement des impuretés inévitables.

7 - Procédé de soudage par faisceau laser mettant en œuvre un mélange gazeux de protection contenant de l'hélium et de l'azote, dans lequel la proportion d'hélium par rapport à la proportion d'azote dans ledit mélange gazeux est choisie ou ajustée en fonction de la puissance ou de la densité de puissance dudit faisceau laser de manière à éviter ou minimiser la formation de plasma dans le gaz de protection durant le soudage.

8 - Procédé de soudage par faisceau laser mettant en œuvre un mélange gazeux de protection contenant de l'hélium et de l'azote, dans lequel la proportion volumique d'hélium dans ledit mélange gazeux est comprise :

- entre 1 et 30 % pour une puissance de faisceau laser comprise entre 0.5 kW et 4 kW,
- entre 30 et 50 % pour une puissance de faisceau laser comprise entre 4 kW et 8 kW , et/ou
- entre 50 et 70 % pour une puissance de faisceau laser comprise entre 8 kW et 12 kW.

9 - Procédé de soudage par faisceau laser mettant en œuvre un mélange gazeux de protection contenant de l'hélium et de l'azote, dans lequel la proportion volumique d'hélium dans ledit mélange gazeux est comprise :

- entre 1 et 30 % pour une densité de puissance du faisceau laser comprise entre 500 kW/cm² et 2 000 kW/cm²,
- entre 30 et 50 % pour une densité de puissance du faisceau laser comprise entre 2 000 kW/cm² et 4 000 kW/cm², et/ou
- entre 50 et 70 % pour une densité de puissance du faisceau laser comprise entre 4000 kW/cm² et 10 000 kW/cm².

10 – Procédé selon l'une des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que l'hélium et l'azote sont issus d'une source de gaz unique dans laquelle l'hélium et l'azote sont pré-mélangés en proportions désirées.

- 5 11 - Installation de soudage par faisceau laser avec mise en œuvre d'un mélange gazeux de protection contenant de l'azote et de l'hélium, comprenant :
- au moins une source d'azote,
 - au moins une source d'hélium,
 - 10 - des moyens de mélange de gaz pour permettre de mélanger de l'azote issu de la source d'azote avec de l'hélium issu de la source d'hélium,
 - un dispositif générateur laser délivrant un faisceau laser ayant une puissance laser d'au moins 0.5 kW,
 - des moyens de réglage coopérant avec lesdits moyens de mélange
 - 15 de gaz de manière à ajuster les proportions d'azote et/ou d'hélium en fonction de la puissance laser délivrée du dispositif laser.

- 12 - Procédé de soudage par faisceau laser mettant en œuvre un mélange gazeux de protection contenant de l'hélium et de l'azote, dans lequel la proportion volumique d'hélium (% He) dans ledit mélange gazeux en fonction de la densité de puissance est telle que :
- 20

$$28. \ln(\Phi_p) - 207 \leq \% \text{ He} \leq 32,3 \cdot \ln(\Phi_p) - 207$$

où :

- $\ln(\Phi_p)$ représente le logarithme népérien de la densité de puissance exprimée en kW/cm^2 , et
- 25 - % He : le pourcentage volumique d'hélium dans l'azote du mélange gazeux.

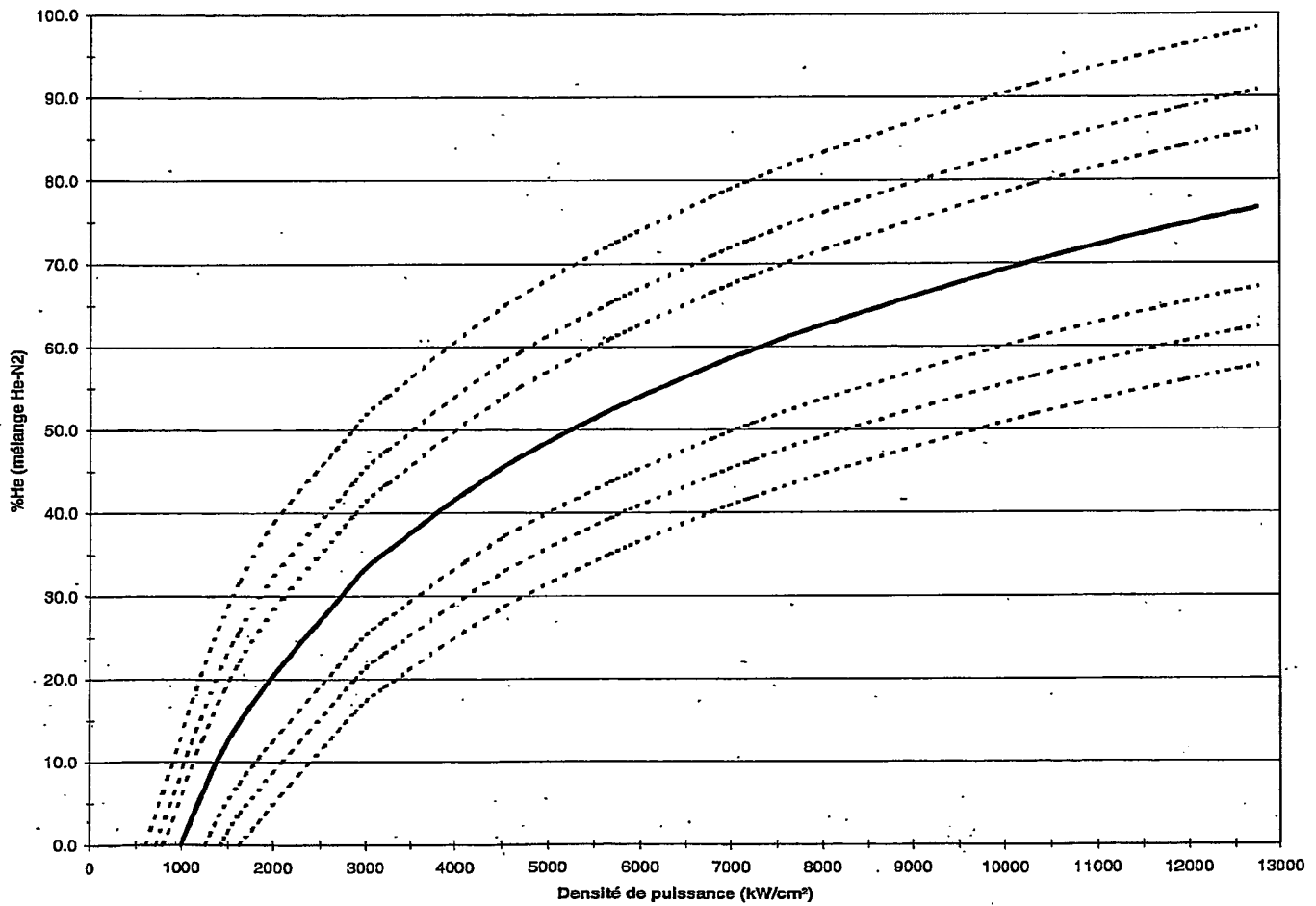
- 13 - Procédé selon la revendication 12, caractérisé en ce que la proportion volumique d'hélium (% He) dans ledit mélange gazeux en fonction de la densité de puissance est telle que :
- 30

$$28,5. \ln(\Phi_p) - 207 \leq \% \text{ He} \leq 31,5 . \ln(\Phi_p) - 207$$

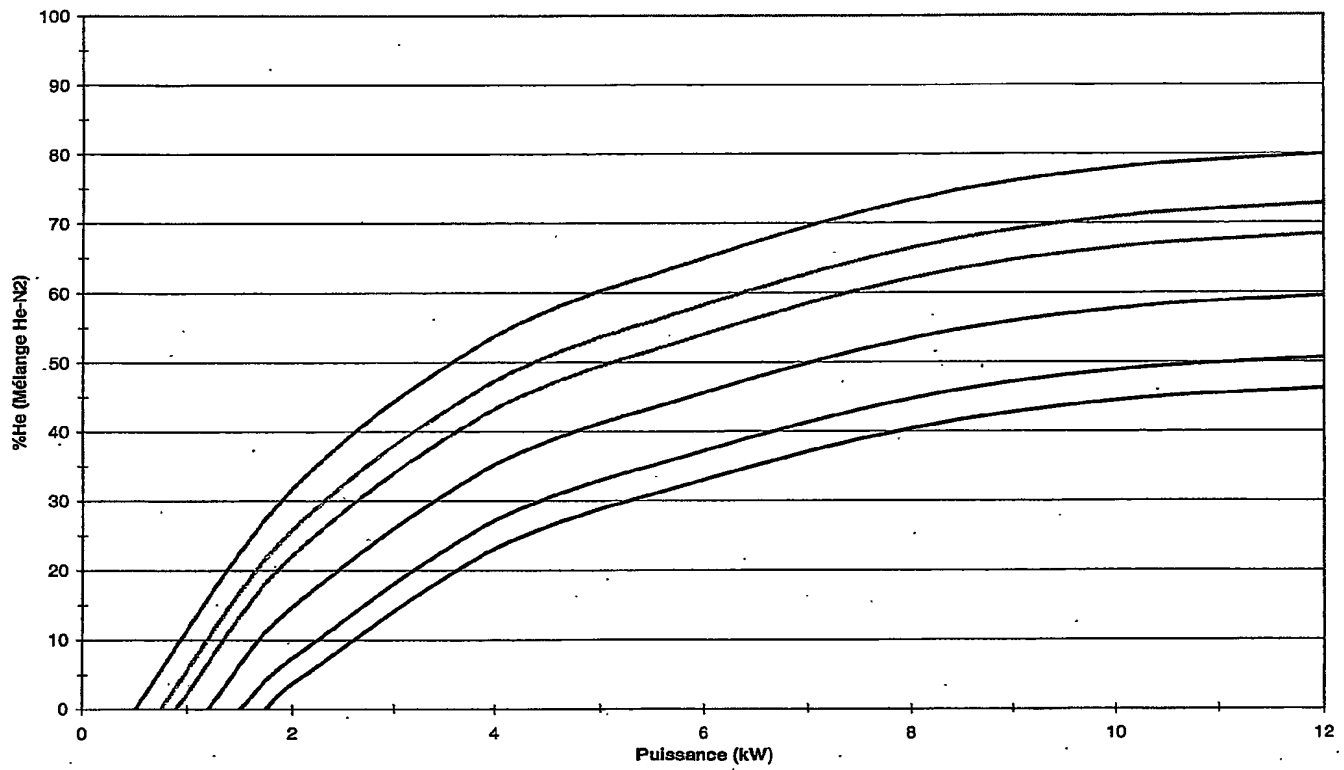
14 - Procédé selon l'une des revendications 12 ou 13, caractérisé en ce que la proportion volumique d'hélium (% He) dans ledit mélange gazeux en fonction de la densité de puissance est telle que :

$$29. \ln(\Phi_p) - 207 \leq \% \text{ He} \leq 31 . \ln(\Phi_p) - 207$$

1/2

Figure 1

2/2

Figure 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

WO 03/057398

 International Application No
 PCT/FR02/04175

 A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 IPC 7 B23K26/12

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

 Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
 IPC 7 B23K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 527 229 A (FANUC LTD) 17 February 1993 (1993-02-17) column 5, line 11 - line 22; figures 1,7,11	1,3-5, 7-12
A	DANZER W ET AL: "LASER IM NEBEL" LASER, VULKAN VERLAG, ESSEN, DE, no. 1, 1987, pages 32-36, XP000889900 ISSN: 0934-7755 page 32, paragraph 1 - paragraph 2 page 36, last paragraph	1
P,X	WO 02 43918 A (HERRMANN JOHANN ;LINDE AG (DE)) 6 June 2002 (2002-06-06)	7
A	page 2, line 24 - line 32	1,3,8,9, 11,12
	--- -/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- * & * document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

4 April 2003

Date of mailing of the international search report

11/04/2003

Name and mailing address of the ISA

 European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Aran, D

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

WO 03/057398

Int. Application No.

PCT/FR02/04175

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 36 19 513 A (AGA AB) 17 December 1987 (1987-12-17) cited in the application ----	
A	WO 97 34730 A (FAERBER MARK ;AGA AB (SE)) 25 September 1997 (1997-09-25) cited in the application -----	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR02/04175

WO 03/057398

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0527229	A	17-02-1993	JP 2736182 B2	02-04-1998
			JP 4333386 A	20-11-1992
			DE 69124232 D1	27-02-1997
			DE 69124232 T2	30-04-1997
			EP 0527229 A1	17-02-1993
			WO 9215422 A1	17-09-1992
			KR 9616156 B1	04-12-1996
			US 5539180 A	23-07-1996
WO 0243918	A	06-06-2002	DE 10063166 A1	06-06-2002
			DE 10063165 A1	06-06-2002
			AU 3321602 A	11-06-2002
			WO 0243918 A1	06-06-2002
DE 3619513	A	17-12-1987	DK 206385 A	10-11-1986
			CH 671176 A5	15-08-1989
			DE 3619513 A1	17-12-1987
			ES 8706579 A1	16-09-1987
			FI 862864 A ,B,	08-01-1988
			FR 2600568 A1	31-12-1987
			GB 2191434 A ,B	16-12-1987
			NO 861995 A	23-11-1987
			SE 465456 B	16-09-1991
			SE 8503690 A	10-11-1986
			US 4724297 A	09-02-1988
WO 9734730	A	25-09-1997	DE 19610298 A1	18-09-1997
			AT 204797 T	15-09-2001
			BR 9708195 A	27-07-1999
			DE 59704448 D1	04-10-2001
			DK 886555 T3	17-12-2001
			WO 9734730 A1	25-09-1997
			EP 0886555 A1	30-12-1998
			ES 2163122 T3	16-01-2002
			NO 984221 A	14-09-1998
			US 6060687 A	09-05-2000

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Der \Rightarrow Internationale No

PCT/FR \Rightarrow CT/FR02/04175

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 7 B23K26/12

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
CIB 7 B23K

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)
EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	EP 0 527 229 A (FANUC LTD) 17 février 1993 (1993-02-17) colonne 5, ligne 11 - ligne 22; figures 1,7,11	1,3-5, 7-12
A	DANZER W ET AL: "LASER IM NEBEL" LASER, VULKAN VERLAG, ESSEN, DE, no. 1, 1987, pages 32-36, XP000889900 ISSN: 0934-7755 page 32, alinéa 1 - alinéa 2 page 36, dernier alinéa	1
P,X	WO 02 43918 A (HERRMANN JOHANN ;LINDE AG (DE)) 6 juin 2002 (2002-06-06)	7
A	page 2, ligne 24 - ligne 32	1,3,8,9, 11,12
	-/--	

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

- *A* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- *E* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- *L* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- *O* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- *P* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

T document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

X document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

Y document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

Z document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

4 avril 2003

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

11/04/2003

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Aran, D

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Der Internationale No

PCT/FR PCT/FR02/04175

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	DE 36 19 513 A (AGA AB) 17 décembre 1987 (1987-12-17) cité dans la demande ---	
A	WO 97 34730 A (FAERBER MARK ; AGA AB (SE)) 25 septembre 1997 (1997-09-25) cité dans la demande -----	

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

De de Internationale No

PCT/FR 92/04175

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 0527229	A	17-02-1993	JP 2736182 B2	02-04-1998
			JP 4333386 A	20-11-1992
			DE 69124232 D1	27-02-1997
			DE 69124232 T2	30-04-1997
			EP 0527229 A1	17-02-1993
			WO 9215422 A1	17-09-1992
			KR 9616156 B1	04-12-1996
			US 5539180 A	23-07-1996
WO 0243918	A	06-06-2002	DE 10063166 A1	06-06-2002
			DE 10063165 A1	06-06-2002
			AU 3321602 A	11-06-2002
			WO 0243918 A1	06-06-2002
DE 3619513	A	17-12-1987	DK 206385 A	10-11-1986
			CH 671176 A5	15-08-1989
			DE 3619513 A1	17-12-1987
			ES 8706579 A1	16-09-1987
			FI 862864 A ,B,	08-01-1988
			FR 2600568 A1	31-12-1987
			GB 2191434 A ,B	16-12-1987
			NO 861995 A	23-11-1987
			SE 465456 B	16-09-1991
			SE 8503690 A	10-11-1986
			US 4724297 A	09-02-1988
WO 9734730	A	25-09-1997	DE 19610298 A1	18-09-1997
			AT 204797 T	15-09-2001
			BR 9708195 A	27-07-1999
			DE 59704448 D1	04-10-2001
			DK 886555 T3	17-12-2001
			WO 9734730 A1	25-09-1997
			EP 0886555 A1	30-12-1998
			ES 2163122 T3	16-01-2002
			NO 984221 A	14-09-1998
			US 6060687 A	09-05-2000